

Verfahren zur Herstellung und/oder Reparatur von Bauteilen für Gasturbinen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung und/oder Reparatur von Bauteilen, insbesondere von Schaufeln sowie Schaufelsegmenten, für Gasturbinen, insbesondere für Flugtriebwerke.

Moderne Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, müssen höchsten Ansprüchen im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Gewicht, Leistung, Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer gerecht werden. In den letzten Jahrzehnten wurden insbesondere auf dem zivilen Sektor Flugtriebwerke entwickelt, die den obigen Anforderungen voll gerecht werden und ein hohes Maß an technischer Perfektion erreicht haben. Bei der Herstellung und auch Reparatur von Flugtriebwerken spielt unter anderem die Werkstoffauswahl, die Suche nach neuen, geeigneten Werkstoffen sowie die Suche nach neuen Fertigungsverfahren und Reparaturverfahren eine entscheidende Rolle.

Aus dem Stand der Technik sind zahlreiche Verfahren zur Herstellung sowie Reparatur von Bauteilen für Gasturbinen bekannt. Hierzu zählen unter anderem das Schmieden und Feingießen. So werden nach dem Stand der Technik alle hochbeanspruchten Bauteile im Verdichterbereich einer Gasturbine durch Schmieden hergestellt, wohingegen zum Beispiel die Laufschaufeln sowie Leitschaufeln der Turbine Feingussteile sind. Bei der Herstellung von Gasturbinenrotoren mit integraler Beschaukelung, von sogenannten Blisks (Bladed Disks) oder Blings (Bladed Rings) kommt insbesondere das Fräsen aus dem Vollen oder das Anfügen von fertigen Schaufelblättern an einen Rotorträger bzw. eine Nabe durch lineares Reibschweißen zum Einsatz.

Ein weiteres aus dem Stand der Technik bekanntes Verfahren zur Herstellung sowie Reparatur bzw. Instandsetzung von Schaufeln für Gasturbinen ist das sogenannte Laser-Pulver-Auftragschweißen, welches auch als Laserstrahlauftragschweißen oder Laserstrahlgenerieren bezeichnet wird. Nach dem Stand der Technik findet das Laser-Pulver-Auftragschweißen insbesondere bei Wartungsarbeiten und Instandsetzungsarbeiten Verwendung. So ist es aus dem Stand der Technik bekannt, Schaufeln, die infolge eines Verschleißes eine zu geringe Schaufelblattlänge aufweisen,

durch Laser-Pulver-Auftragschweißen instandzusetzen, damit die Schaufeln häufiger zum Wiedereinsatz kommen können und demnach nicht vorzeitig aussortiert werden müssen.

Aus der DE 195 47 903 C1 ist ein Verfahren zur Herstellung oder Instandsetzung von Schaufeln für Turbomaschinen mittels Laserstrahlauftragschweißen bekannt. Bei dem dort offenbarten Verfahren wird ein Blechstreifen als Stützform verwendet. Nach der Verlängerung der Schaufel durch Laserauftragschweißen wird der Blechstreifen entfernt und wiederverwendet.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Herstellung und/oder Reparatur von Bauteilen für Gasturbinen vorzuschlagen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Erfindungsgemäß erfolgt das Laser-Pulver-Auftragschweißen unter Verwendung mindestens eines Grundkörpers, wobei während des Laser-Pulver-Auftragschweißens der Materialaufbau durch ein Pulvermaterial derart erfolgt, dass der oder jede Grundkörper vom aufgeweißten Pulvermaterial zumindest abschnittsweise umschlossen wird. Der beim erfindungsgemäßen Verfahren verwendete Grundkörper verbleibt nach dem Laser-Pulver-Auftragschweißen im hergestellten bzw. reparierten Bauteil und wird dadurch Bestandteil desselben. Hierdurch ergeben sich eine Vielzahl neuer Gestaltungsmöglichkeiten für Gasturbinenbauteile, insbesondere für Leitschaufeln, Laufschaufeln, Leitschaufelsegmente, Laufschaufelsegmente oder Rotoren mit integraler Beschaukelung für Flugtriebwerke.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird eine Schaufel für eine Gasturbine hergestellt, wobei ein Grundkörper aus einem dämpfenden Material beim Laser-Pulver-Auftragschweißen vom aufgeweißten Pulvermaterial derart allseitig umschlossen wird, dass der Grundkörper anschließend im Inneren der hergestellten Schaufel positioniert ist. Bei der Schaufel handelt es sich insbesondere um eine

Hohlschaufel für eine Gasturbine, wobei der dämpfend wirkende Grundkörper einen Hohlraum der hergestellten Hohlschaufel vorzugsweise komplett ausfüllt.

Nach einer alternativen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird ein Gasturbinenrotor mit integraler Beschaukelung hergestellt, wobei ein Grundkörper aus geschmiedetem, gegossenem oder pulvermetallurgisch hergestelltem Material beim Laser-Pulver-Auftragschweißen vom aufgeweißten Pulvermaterial umschlossen wird.

Ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung und/oder Reparatur von Bauteilen für Gasturbinen ist durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 11 gekennzeichnet.

Bevorzugte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Verfahren ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

- Fig. 1: einen Querschnitt durch eine Schaufel einer Gasturbine in schematisierter perspektivischer Seitenansicht;
- Fig. 2: ein Schaufelsegment einer Gasturbine in schematisierter perspektivischer Seitenansicht; und
- Fig. 3: einen Gasturbinenrotor mit integraler Beschaukelung in schematisierter perspektivischer Seitenansicht.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 3 die Erfindung in größerem Detail beschrieben. Fig. 1 zeigt eine mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Schaufel einer Gasturbine. Fig. 2 zeigt ein Schaufelsegment, Fig. 3 zeigt einen integral beschaukelten Gasturbinenrotor.

Fig. 1 zeigt eine Laufschaufel 10 für eine Gasturbine umfassend einen Schaufelfuß 11 und ein Schaufelblatt 12. Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch das Schaufelblatt 12, wobei Fig. 1 entnommen werden kann, dass die Laufschaufel 10 als Hohl-schau-fel 10 ausgeführt ist. Eine Wandung 13 des Schaufelblatts 12 begrenzt einen Hohlraum 14, wobei im Hohlraum 14 ein Kern 15 aus vorzugsweise dämpfendem Material angeordnet ist. Im gezeigten Ausführungsbeispiel füllt der Kern 15 aus dämpfendem Material den Hohlraum 14 komplett aus.

Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, die Laufschaufel 10 gemäß Fig. 1 dadurch herzustellen, dass der Kern 15 aus dämpfenden Material als Grundkörper für das Laser-Pulver-Auftragschweißen verwendet wird. Der Materialaufbau erfolgt erfindungsgemäß beim Laser-Pulver-Austragschweißen in einer Art und Weise, dass der Grundkörper bzw. Kern 15 vom aufgeschweißten Pulvermaterial umschlossen wird. Der Grundkörper bzw. Kern 15 wird so integraler Bestandteil der herzustellenden Laufschaufel 10. Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 wird der Kern 15 allseitig vom aufgeschweißten Pulvermaterial umschlossen. Der Kern 15 besteht, wie bereits erwähnt, aus einem dämpfenden Material, welches vorzugsweise als ein metallischer oder keramischer Filz ausgeführt ist.

Fig. 2 zeigt ein mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestelltes Schaufel-segment 16 mit insgesamt vier Schaufeln 17, einem Innendeckband 18 sowie einem Außendeckband 19. So kann es sich bei dem Schaufelsegment 16 gemäß Fig. 2 zum Beispiel um ein Schaufelsegment handeln, dessen einzelne Schaufeln 17 analog zu der Schaufel 10 gemäß Fig. 1 als Hohl-schau-feln mit in die Hohlräume derselben eingelagerten Kernen ausgebildet sind.

In Abweichung hierzu ist es jedoch auch möglich, das Schaufelsegment 16 gemäß Fig. 2 dadurch herzustellen, dass sowohl für das Innendeckband 18 sowie das Außendeckband 19 jeweils ein gegossener, geschmiedeter oder pulvermetallurgisch hergestellter Grundkörper verwendet wird, wobei die einzelnen Schaufeln 17 an diesen Grundkörpern durch Laser-Pulver-Auftragschweißen aufgebaut werden.

Fig. 3 zeigt einen Gasturbinenrotor 20 mit integraler Beschaukelung, wobei an einem scheibenförmigen Rotorträger 21 mehrere Laufschaufeln 22 angefügt sind. Die Laufschaufeln 22 sind an einer äußeren Mantelfläche 23 des scheibenförmigen Rotorträgers 21 befestigt und erstrecken sich in radialer Richtung desselben nach außen. Den in Fig. 3 dargestellten Gasturbinenrotor 20 mit einem scheibenförmigen Rotorträger 21 mit integralen Laufschaufeln 22 bezeichnet man auch als Blisk (Bladed Disk).

Der in Fig. 3 dargestellte Gasturbinenrotor 20 wird erfindungsgemäß dadurch hergestellt, dass für den Rotorträger 21 ein geschmiedeter, gegossener oder pulvermetallurgisch hergestellter Scheibenkörper aus Metall verwendet wird, wobei auf diesen scheibenförmigen Grundkörper durch Laser-Pulver-Auftragschweißen die Laufschaufeln 22 aufgebaut werden.

Weiterhin liegt es im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass der Gasturbinenrotor 20 alternativ dadurch hergestellt wird, dass einerseits für den Rotorträger der geschmiedet, gegossen oder pulvermetallurgisch hergestellte Grundkörper verwendet wird, und andererseits ebenfalls für die Laufschaufeln Grundkörper verwendet werden. In diesem Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Grundkörper für den Rotorträger 21 vorzugsweise um einen metallischen Grundkörper und bei den Grundkörpern für die Laufschaufel 22 um keramische Grundkörper. Der metallische Grundkörper des Rotorträgers sowie die keramischen Grundkörper der Laufschaufel 22 werden dann im Sinne der Erfindung durch Laser-Pulver-Auftragschweißen stoffschlüssig miteinander verbunden, wobei das aufzuschweißende Pulvermaterial nach dem Laser-Pulver-Auftragschweißen den Grundkörper für den Rotorträger 21 sowie die Grundkörper für die Laufschaufeln 22 allseitig umschließt. Mithilfe der Erfindung ist demnach eine stoffschlüssige bzw. formschlüssige Verbindung von keramischen Bauteilen mit metallischen Bauteilen realisierbar.

Aus den im Zusammenhang mit Fig. 1 bis 3 beschriebenen Details des erfindungsgemäßen Verfahrens folgt unmittelbar, dass mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten für Gasturbinenbauteile eröffnet werden. So lassen sich mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens um einen Kern

aus dämpfendem Material durch Laser-Pulver-Auftragschweißen Hohl-schaufeln herstellen. Des weiteren ist es möglich, durch Einbettung gegossener, geschmiedeter oder pulvermetallurgisch hergestellter Grundkörper in das Pulvermaterial bzw. Laserpulver Schaufeln, Schaufelsegmente oder Gasturbinenrotoren mit integraler Beschau felung mit und ohne Deckband herzustellen. Weiterhin ist es möglich, Bauteile aus unterschiedlichen Materialien stoffschlüssig miteinander zu verbinden. Hierzu wird erfindungsgemäß das Laser-Pulver-Auftragschweißen unter Verwendung mindestens eines Grundkörpers durchgeführt, wobei während des Laser-Pulver-Auftragschweißens der Materialaufbau durch das Pulvermaterial derart erfolgt, dass der oder jeder Grundkörper vom aufgeschweißten Pulvermaterial zumindest abschnittsweise umschlossen wird.

Es liegt weiterhin im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass Laser-Pulver-Auftragschweißen in mehreren Stufen bzw. Schritten durchzuführen, wobei bei den einzelnen Stufen oder Schritten unterschiedliche Materialien, nämlich unterschiedliche Pulvermaterialien, für das Laser-Pulver-Auftragschweißen verwendet werden. Vorzugsweise kommen als Pulvermaterialien Metalllegierungen zum Einsatz, so zum Beispiel Nickelbasislegierungen oder Titanbasislegierungen. Durch das Aufteilen des Laser-Pulver-Auftragschweißens in mehrere Stufen und die Verwendung unterschiedlicher Pulvermaterialien ist es möglich, Baugruppen, insbesondere Schaufeln, für Gasturbinen aus unterschiedlichen Metalllegierungen aufzubauen und so die Eigenschaften derselben zu optimieren. So ist es auch möglich, dass bei der Reparatur einer Schaufel die Verlängerung des Schaufelblatts dadurch erfolgt, dass die Verlängerung aus einem anderen Material wie das Material des Schaufelblatts aufgeschweißt wird. Weiterhin ist es möglich, bei der Herstellung von integral beschau felten Gasturbinenrotoren für die Laufschaufeln und den Rotorträger unterschiedliche Werkstoffe zu verwenden.

Wie bereits mehrfach erwähnt, eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einzelner Schaufeln, zur Herstellung von Schaufelsegmenten, zur Herstellung von Gasturbinenrotoren mit integraler Beschau felung und zur Herstellung anderer Bauteile für Gasturbinen. So können zum Beispiel auch Befestigungselemente oder Gehäuseabschnitte für Gasturbinen mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens

hergestellt werden. Die Schaufelsegmente können mit und ohne Deckband ausgeführt sein sowie mindestens zwei Schaufeln umfassen.

An dieser Stelle sei abschließend darauf hingewiesen, dass die Details des Laser-Pulver-Auftragschweißens dem hier angesprochenen Fachmann geläufig sind. In aller Kürze sei nur darauf hingewiesen, dass beim Laser-Pulver-Auftragschweißen das Pulvermaterial aus einer Pulverkanone insbesondere auf den Grundkörper aufgespritzt wird und dass ein Laserstrahl das Pulvermaterial erwärmt, so dass das Pulvermaterial mit dem Grundkörper verbunden bzw. auftragsverschweißt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung und/oder Reparatur von Bauteilen, insbesondere von Schaufeln sowie Schaufelsegmenten, für Gasturbinen, insbesondere für Flugtriebwerke, durch Laser-Pulver-Auftragschweißen, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Laser-Pulver-Auftragschweißen unter Verwendung mindestens eines Grundkörpers erfolgt, wobei während des Laser-Pulver-Auftragschweißens der Materialaufbau durch ein Pulvermaterial derart erfolgt, dass der oder jeder Grundkörper vom aufgeweißten Pulvermaterial zumindest abschnittsweise umschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schaufel für eine Gasturbine hergestellt wird, wobei ein Grundkörper aus einem vorzugsweise dämpfenden Material beim Laser-Pulver-Auftragschweißen vom aufgeweißten Pulvermaterial derart allseitig umschlossen wird, dass der Grundkörper anschließend im Inneren der hergestellten Schaufel positioniert ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Hohl-schaukel für eine Gasturbine hergestellt wird, wobei der vorzugsweise dämpfend wirkende Grundkörper einen Hohlraum der hergestellten Hohl-schaukel vorzugsweise komplett ausfüllt.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper aus einem metallischen oder keramischen Filz besteht.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gasturbinenrotor mit integraler Beschaufelung hergestellt wird, wobei ein Grundkörper aus geschmiedetem, gegossenem oder pulvermetallurgisch hergestelltem Material beim Laser-Pulver-Auftragschweißen vom aufgeweißten Pulvermaterial umschlossen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper als scheibenförmiger oder ringförmiger Rotorträger ausgebildet ist, wobei Laufschaufeln beim Laser-Pulver-Auftragschweißen auf dem Rotorträger aufgebaut werden.
7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich zu dem den Rotorträger bildenden Grundkörper aus geschmiedetem, gegossenem oder pulvermetallurgisch hergestelltem Material Grundkörper für die Laufschaufeln verwendet werden, wobei der Grundkörper für den Rotorträger und die Grundkörper für die Laufschaufeln beim Laser-Pulver-Auftragschweißen vom aufgeweißten Pulvermaterial umschlossen werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper für den Rotorträger aus einem anderen Material besteht wie die Grundkörper für die Laufschaufeln.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper für den Rotorträger aus einem metallischen Material und die Grundkörper für die Laufschaufeln aus einem keramischen Material bestehen.
10. Verfahren nach Anspruch 7, 8 oder 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper für den Rotorträger mit den Grundkörpern für die Laufschaufeln beim Laser-Pulver-Auftragschweißen stoffschlüssig verbunden wird.
11. Verfahren zur Herstellung und/oder Reparatur von Bauteilen, insbesondere von Schaufeln sowie Schaufelsegmenten, für Gasturbinen, insbesondere für Flugtriebwerke, durch Laser-Pulver-Auftragschweißen, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Laser-Pulver-Auftragschweißen in mehreren Stufen unter Verwendung unterschiedlicher Pulvermaterialien durchgeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Pulvermaterialien unterschiedliche Metalllegierungen verwendet werden.

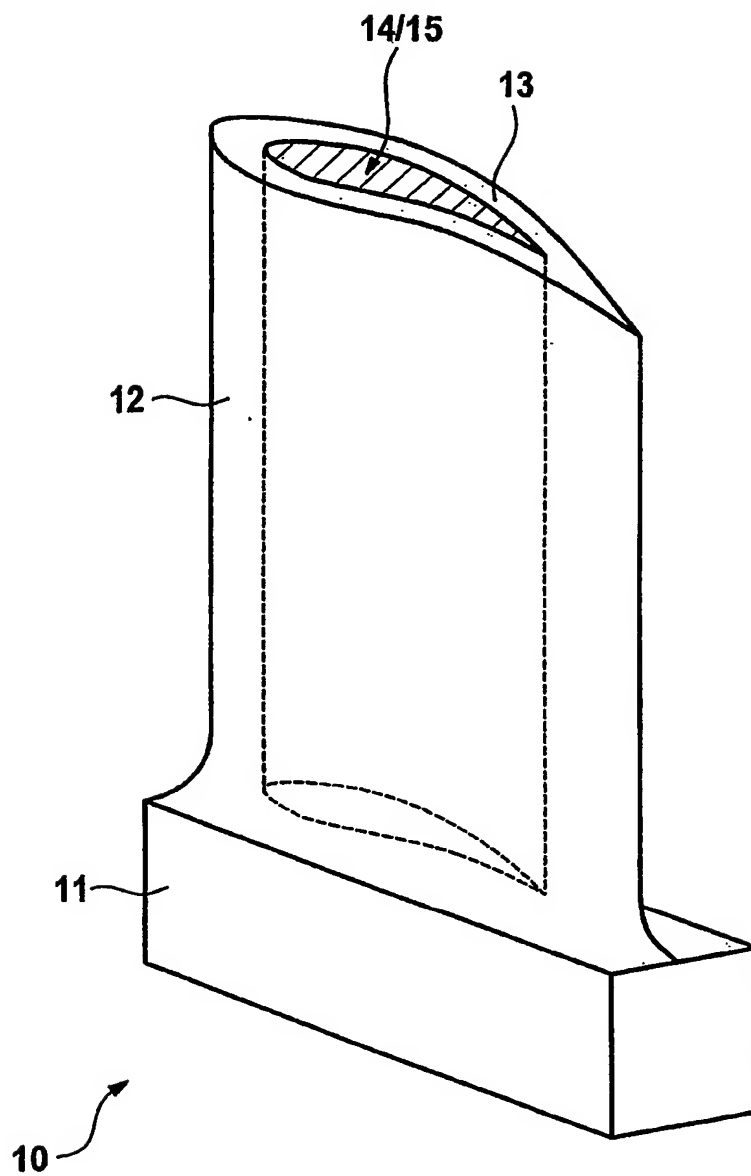


Fig. 1

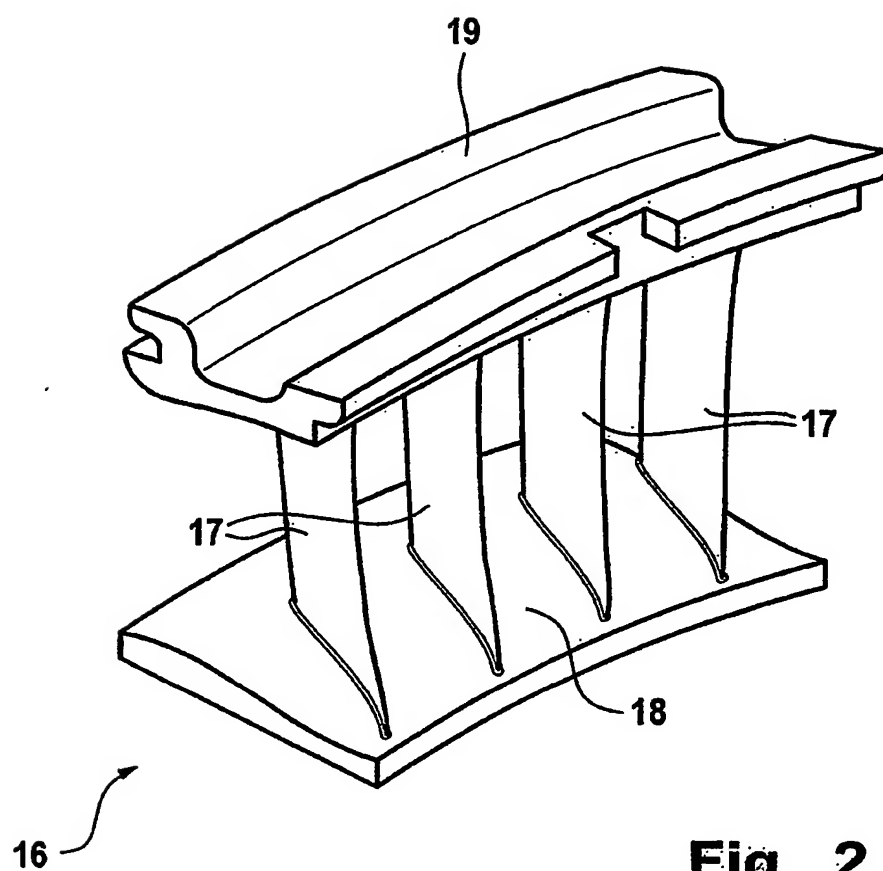


Fig. 2

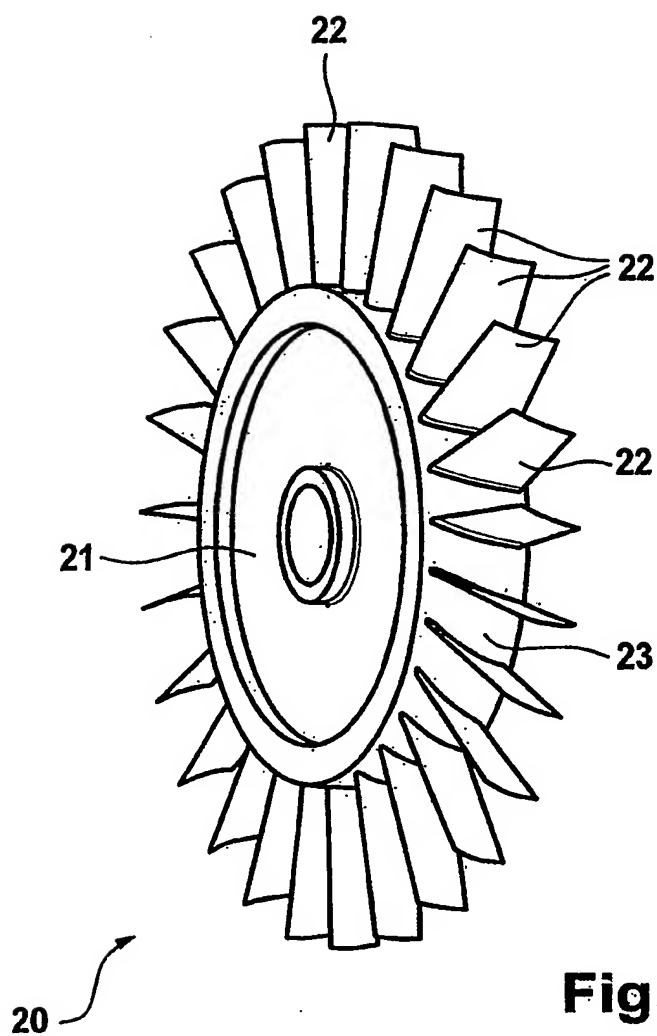


Fig. 3